

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

Herausgeber:	Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
Redaktion:	Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten Andrea Schneider Fakultät für Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß, Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges, Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer, Dipl.-Ing. Silke Stauche
Redaktionsschluss: (CD-Rom-Ausgabe)	31. August 2005
Technische Realisierung: (CD-Rom-Ausgabe)	Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau Dipl.-Ing. Christian Weigel Dipl.-Ing. Helge Drumm Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Technische Realisierung: (Online-Ausgabe)	Universitätsbibliothek Ilmenau ilmedia Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau
Verlag:	 Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V. Werner-von-Siemens-Str. 16 98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe):	3-932633-98-9	(978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe):	3-932633-99-7	(978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

G. Zukanowa

Die Objektive für zwei infrarotspektrale Bereiche

ABSTRACT

In der vorliegenden Arbeit werden zwei Wege der Verwirklichung der Aufgabe nach der Schaffung der Systeme mit den verringerten Bedeutungen der Zentralabschattung und polychromatische Korrektur der chromatischen Fehler angeboten: 1) im Einspiegelsystem wird der Kompensator aus drei Linsen verwendet, 2) im Zweispiegelsystem nach dem Schema Ritschi-Kretien ist als Kompensator das konzentrische asphärische Meniskus vorgeschlagen.

In Zusammenhang mit dem Erscheinen der Empfänger der Darstellung als zwei Linien, die angeordnete in einer Bildebene und in verschiedenen spektralen Bereichen arbeiten, ist die Notwendigkeit der Schaffung optischer Systeme entstanden, die gleichzeitig in zwei spektralen Bereichen arbeiten.

Als Objektive werden Spiegellinsensysteme am öftesten verwendet. Wenn die große Zentralabschattung zulässig ist, wird die Aufgabe ziemlich einfach entschieden: man kann das optische System nach dem Schema Ritschi-Kretien aufbauen und afokalen Kompensator im konvergierenden Bündel der Strahlen verwenden. Wenn die Zentralabschattung 0,35 – 0,4 nicht übertreten soll und der Abstand vom Hauptspiegel bis zu der Bildebene groß sein soll, es entsteht das Problem mit der Erfüllung der Pezwalbedingung und der Kompensator hört auf afokal zu sein, was verhindert, polychromatische Korrektur zu verwirklichen.

In der vorliegenden Arbeit werden zwei Wege der Verwirklichung der Aufgabe nach der Schaffung der Systeme mit den verringerten Bedeutungen der Zentralabschattung und polychromatische Korrektur der chromatischen Fehler angeboten:

- 1) Im Einspiegelsystem wird der Kompensator aus drei Linsen verwendet. Es werden die Probleme, die mit der Auswahl der optischen Stoffe verbunden sind, betrachtet.
- 2) Im Zweispiegelsystem nach dem Schema Ritschi-Kretien ist als Kompensator das konzentrische asphärische Meniskus vorgeschlagen, der gleichzeitig ermöglicht, den Astigmatismus und die Bildfeldwölbung nicht beitragend dabei die Farblängsfehler und die Farbfehler des Hauptstrahls zu korrigieren.

Wir werden zuerst die Spiegellinsensysteme mit einem Spiegel und den Kompensator im konvergierenden Bündel der Strahlen untersuchen.

Wenn das Objektiv aus dem konkaven Spiegel und des Kompensators besteht, so kann der Kompensator nicht afokal sein, da man die Bildfeldwölbung, die vom Spiegel beigetragen ist, korrigieren muß. Für die Korrektur der Bildfeldwölbung ist der Kompensator, der die positive optische Kraft hat, nötig. In diesem Fall können zwei Varianten des Beschlusses der Aufgabe sein:

- 1) Das System mit dem afokalen Kompensator und die Smyth-Linse, korrigierend die Bildfeldwölbung, die vom einen Spiegel beigetragen ist;
- 2) Das System mit dem Kompensator, der die positive optische Kraft hat.

Die Variante des Systems mit der Smyth-Linse ist auf der Abb. 1 aufgezeigt. Ein Nachteil der Systeme dieses Typs ist die kleine bildseitige Schnittweite, da damit die Smyth-Linse die chromatische Fehler nicht beiträgt.

Der Beschluss ermöglicht über die zweite Variante, eine beliebige bildseitige Schnittweite zu bekommen, aber hier entsteht das Problem mit der Beseitigung der Farblängsfehler sofort für zwei spektrale Bereiche 2-5 mkm und 7,5-14 mkm. Die Lösung der Aufgabe könnte einfach sein, wenn eine ausreichende Auswahl von optischen Medien für das Gebiet des Spektrums von 2 bis zu 14mkm wäre.

Bei zweilinsigen Kompensator, ergeben sich folgende Bedingungen zur Beseitigung der Farblängsfehler für zwei spektrale Bereiche und der Bildfeldwölbung auf folgende Weise [1] :

$$\begin{aligned} \frac{\Phi_1}{n_1} + \frac{\Phi_2}{n_2} &= -\frac{1}{r_1}; \\ \frac{\Phi_1}{V_{2,9(1)}} + \frac{\Phi_2}{V_{2,9(2)}} &= 0; \\ \frac{\Phi_1}{V_{10,6(1)}} + \frac{\Phi_2}{V_{10,6(2)}} &= 0, \end{aligned} \tag{1}$$

mit $V_{2,9(1)} = \frac{n_{2,9} - 1}{n_2 - n_5}$, $V_{10,6(2)} = \frac{n_{10,6} - 1}{n_{7,5} - n_{14}}$ - die Abbesche Zahlen des Stoffs der ersten Linse für

den Bereiche 2-5 mkm und 7,5-14 mkm, $V_{2,9(1)}$, $V_{10,6(2)}$ - die Abbesche Zahlen des Stoffs des Stoffs der zweiten Linse für die selben spektralen Bereiche, Φ_1 , Φ_2 - die optischen Kräfte der Linsen des Kompensators, r_1 - den Radius der Krümmung des Spiegels.

Das System der Gleichungen (1) hat den Beschluss, wenn die Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{V_{2,9(1)}}{V_{2,9(2)}} = \frac{V_{10,6(1)}}{V_{10,6(2)}}$$

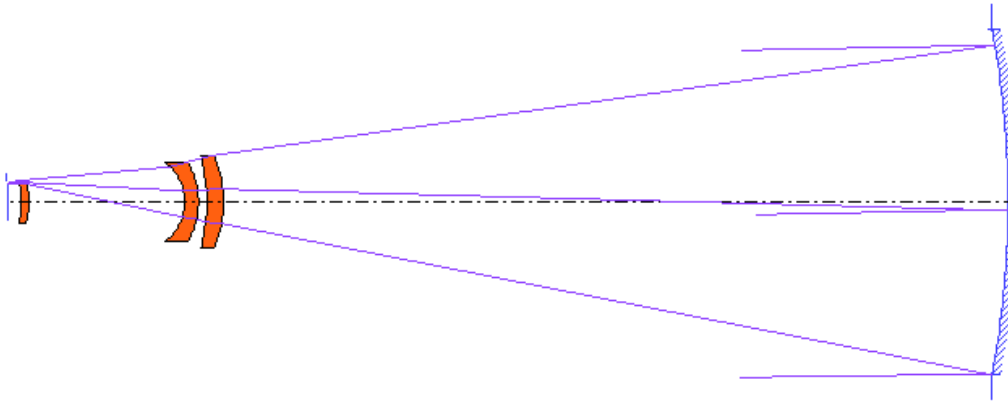


Abb. 1 Objektiv mit dem afokalen zweilinsigen Kompensator und mit Smyth-Linse.

In der Tabelle 1 sind die Abbesche Zahlen für vier optische Stoffe [2] gegeben. Die Daten werden nach anderen optischen Stoffen nicht angeführt, da nur der prinzipielle Beschluss der Aufgabe betrachtet wird.

Der Stoff	$v_{2,9}$	$v_{10,6}$
Ge	32,4	709,2
Si	79,8	1636,8
ZnSe	85,6	32,2
KRS-5	91,4	95,0

Die Tabelle 1

Aus der Tabelle ist es sichtbar, daß die Kombination optimal Ge mit Si wäre, aber, leider, darf Si darf nur im Umfang bis zu 11 mkm verwendet werden.

Die am öfttesten verwendeten Stoffe sind ZnSe und Ge. Aber die Abbesche Zahlen dieser Stoffe für die Bereiche 2-5 mkm und 7,5-14 mkm unterscheiden sich stark. Für den Bereich 2-5mkm spielt ZnSe die Rolle Kron, Ge - das Flint. Für den Bereich 7,5-14 mkm - das Gegenteil. Wenn die Farblängsfehler für den Bereich 2-5 mkm korrigiert sind, so werden sie für den Bereich 7,5-14 mkm wegen der kleine Abbesche Zahl ZnSe groß.

Für die gleichzeitige Beseitigung die Farblängsfehler in zwei spektralen Bereichen sind zwei Linsen aus ZnSe und Ge, eine Dritte aus einem anderem Stoff mit den Abbeschen Zahlen notwendig, die Korrektur der Farblängsfehler in zwei spektralen Bereiche zuläßt, zu ergänzen.

Die Bedingung der gleichzeitigen Beseitigung der Farblängsfehler in zwei spektralen Bereiche und auch der Bildfeldwölbung hat die Gestalt:

$$\frac{\Phi_1}{n_1} + \frac{\Phi_2}{n_2} + \frac{\Phi_3}{n_3} = -\frac{1}{r_1};$$

$$\frac{\Phi_1}{V_{2,9(1)}} + \frac{\Phi_2}{V_{2,9(2)}} + \frac{\Phi_3}{V_{2,9(3)}} = 0; \quad (2)$$

$$\frac{\Phi_1}{V_{10,6(1)}} + \frac{\Phi_2}{V_{10,6(2)}} + \frac{\Phi_3}{V_{10,6(3)}} = 0,$$

mit $V_{2,9(3)}$, $V_{10,6(3)}$ - die Abbesche Zahlen des dritten Stoffs für zwei spektrale Bereiche, n_3 - die Brechzahl des dritten Stoffs.

Man erhält das System (2) mit drei Gleichungen mit drei Unbekannten. Die Unbekannten sind die optischen Kräfte der Linsen des Kompensators. Wenn die Linsen dünn sind, so erreicht man automatisch mit der Beseitigung der Farblängsfehler auch die Beseitigung der Farbfehler des Hauptstrahls.

Die berechnete Variante des Objektivs mit den Parametern: $f' = 1000$, $1:2$, und $2\omega = 3^\circ$ ist auf der Abb. 2 aufgezeigt. Der Spiegel ist hyperbolisch. Der Durchmesser des Zerstreungskreises übertritt in allen spektralen Bereiche (2-14 mkm) bei der Konzentration der Energie etwa 80%, 20 mkm nicht.

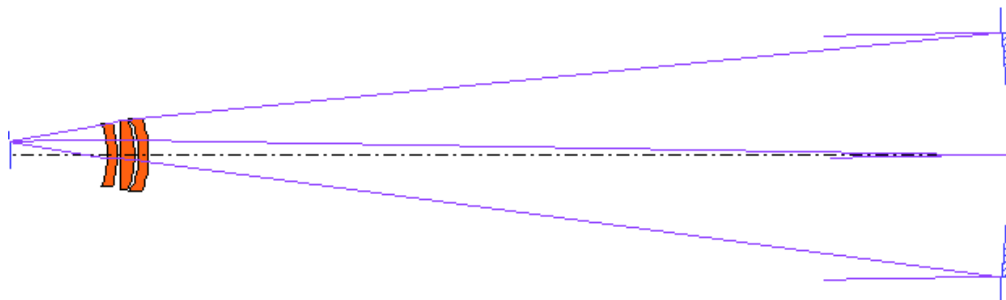


Abb. 2 Objektiv mit dem dreilinsigen Kompensator.

Wir werden die Objektive, die zwei Spiegel und den Kompensator im konvergierenden Bündel der Strahlen enthalten, untersuchen.

Da wegen der Notwendigkeit der Beseitigung der Bildfeldwölbung in den Systemen mit der verringerten Bedeutungen der Zentralabschattung und dem vergrößerten Abstand vom Hauptspiegel bis zu der Bildebene, der Kompensator nicht mehr afokal ist, wird die polychromatische Korrektur unmöglich. Als Kompensator wird der asphärische konzentrische

Meniskus vorgeschlagen. Er hat keine Farblängsfehler, ermöglicht die Korrektur der Bildfeldwölbung und besitzt in der Deformation der Fläche einen Parameter zur Beseitigung der monochromatischen Aberration.

Die Bedingung der Korrektur der Bildfeldwölbung im Zweispiegelsystem mit dem konzentrischen Kompensator hat die Gestalt:

$$\alpha_2 - \frac{1 + \alpha_2}{h_2} + \frac{(n-1)(h_4 - h_3)}{h_3 h_4 n} = 0 \quad (3)$$

mit h_3, h_4 – die Höhen des Nullstrahls auf den Flächen des Meniskus, n – die Brechzahl des Stoffs, aus dem der Meniskus gemacht ist, α_2 – der Winkel des Nullstrahls mit der optischen Achse klärt sich nach der Formel:

$$\alpha_2 = \frac{1 - h_2}{d_1}$$

Die Bedingung des Maßstabes: $h_1=1,0$; $f' = 1,0$; $\alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$.

Aus Gl. (3) folgt:

$$\frac{1}{h_4} = \frac{n}{n-1} \left(\alpha_2 - \frac{1 + \alpha_2}{h_2} \right) + \frac{1}{h_3} \quad (4)$$

$$d_3 = h_3 - h_4 \quad (5)$$

mit d_3 – die Dicke des Meniskus.

In der Tabelle 2 sind die Größen α_2, h_3, h_4, d_3 je nach h_2, d_1, δ, n, d_2 dargestellt.

h_2	d_1	δ	n	d_2	α_2	h_3	h_4	d_3
0,35	-0,25	0,1	2,4	0,25	-2,6	0,1	0,07474	0,02526
0,35	-0,25	0,1	2,4	0,1	-2,6	0,08	0,06297	0,01703
0,35	-0,25	0,1	4,0	0,1	-2,6	0,10	0,07919	0,02081
0,35	-0,25	0,1	4,0	0,1	-2,6	0,08	0,06610	0,01390
0,4	-0,25	0,15	2,4	0,3	-2,4	0,1	0,08413	0,01586
0,4	-0,25	0,15	2,4	0,32	-2,4	0,08	0,06951	0,01049
0,4	-0,25	0,15	4,0	0,3	-2,4	0,1	0,08721	0,01279
0,4	-0,25	0,15	4,0	0,32	-2,4	0,08	0,07160	0,00840
0,4	-0,3	0,1	2,4	0,3	-2,0	0,1	0,09211	0,00789
0,4	-0,3	0,1	2,4	0,28	-2,0	0,12	0,10881	0,01119
0,4	-0,3	0,1	4,0	0,3	-2,0	0,1	0,09375	0,00625
0,4	-0,3	0,1	4,0	0,26	-2,0	0,14	0,12805	0,01195

Die Tabelle 2

Die ermittelten Ergebnisse können nicht für die Systeme mit beliebigen Größen der relativen Öffnungen und der Feldwinkel verwendet werden. Die Größen, die in der Tabelle dargestellt sind,

sind auf der Systeme mit den relativen Öffnungen 1:2 – 1:3 und den Feldwinkel etwa 3° - 4° anwendbar.

Das System, das auf der Abb. 3 dargestellt ist, hat folgende optischen Charakteristiken:

$f'=1000$ mm; 1:2,5; $2\omega=3^{\circ}$, der -spektrale Bereich – 2,0-14,0 mkm. Der Abstand zwischen den Spiegeln $0,3f'$, die Zentralabschattung $\varepsilon = 0,4$, die Spiegel sind hyperbolisch, die konvexe Fläche des Meniskus ist elliptisch. Der Kompensator ist aus Ge . Das Objektiv schafft die Abbildung gleichzeitig auf zwei Empfänger, die nebenan und vorstellend linear angeordnet werden. Die Abbildung ist in der allgemeinen Ebene angeordnet. Der spektrale Bereich eines Empfängers ist – 2 – 5 mkm, bzw. 7,5 – 14 mkm .Die Bildgüte ist nah der beugungsbegrenzten Auflösung.

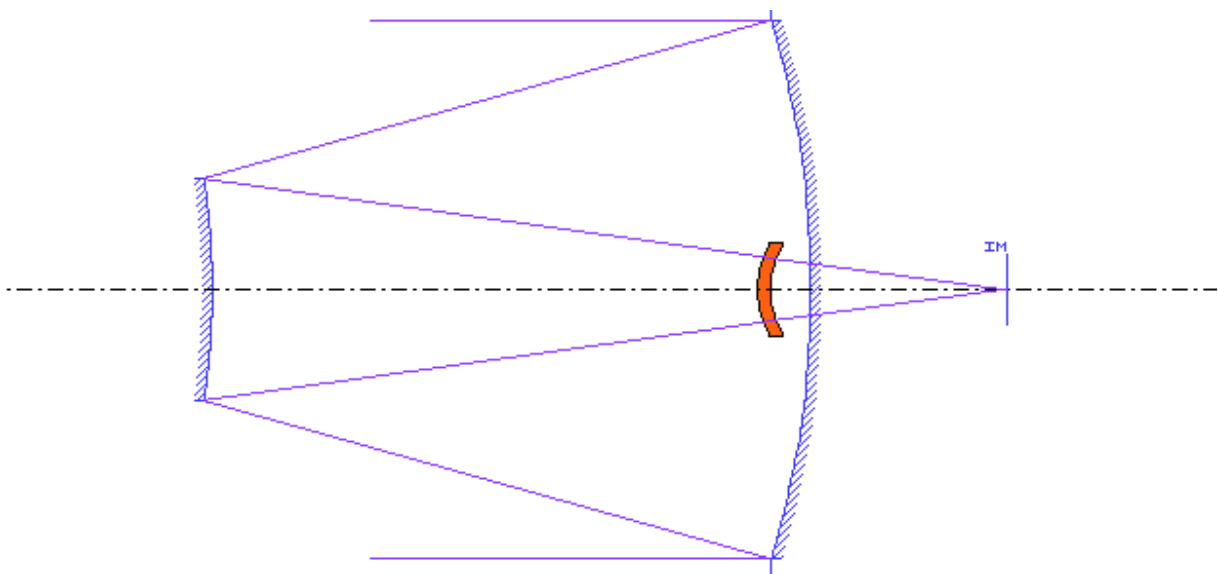


Abb. 3 Objektiv $f'=1000$ mm; 1:2,5; $2\omega=3^{\circ}$, spektrale Bereich 2,0-14,0 mkm

Das dargestellte Beispiel zeigt auf, daß man mit Hilfe des konzentrischen asphärischen Meniskus die polychromatische Korrektur der Farblängsfehler erreichen und den Astigmatismus und die Bildfeldwölbung korrigieren kann.

Literatur:

- [1] Tschurilowski V.N. Theorie des Chromatismus und der Aberrationen der dritten Ordnung. L.: Den Maschinenbau, 1968, 312s.
- [2] Rusinov M.M. etc. Die Rechenoptik. Das Nachschlagewerk. L.: Den Maschinenbau, 1984, 423s.

Autorenangabe:

Dr. Galina Zukanowa
Saint-Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
Sablinskaya 14,
197101
Tel.: +7 812 232-09-95
Fax: +7 812 232-10-02
E-mail: ZukanovaGI@aco.ifmo.ru